

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-265265

(43)Date of publication of application : 11.10.1996

(51)Int.Cl.

H04B 10/152

H04B 10/142

H04B 10/04

H04B 10/06

(21)Application number : 07-085952

(71)Applicant : KOKUSAI DENSHIN DENWA CO LTD  
<KDD>

(22)Date of filing : 20.03.1995

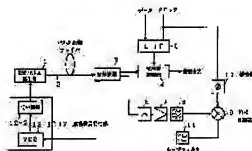
(72)Inventor : HORIUCHI YUKIO  
SUZUKI MASATOSHI

## (54) SHORT LIGHT PULSE MODULATION METHOD AND DEVICE THEREFOR

(57)Abstract:

PURPOSE: To prevent the degradation of transmission characteristics even when the length of a pulse compression fiber fluctuates.

CONSTITUTION: A loop composed of a short light pulse generator 1, the pulse compression fiber 2, an optical demultiplexer 3, a light receiving device 6, an amplifier 7, a BPF 8, a phase comparator 9, a loop filter 11 and a driving signal generation part 12 controls the oscillation frequency of a VCO 12-1 so as to match the phase of short light pulses supplied to an optical intensity modulator 4 and the phase of data signals synchronized with supplied reference clocks. Thus, even when the length of the pulse compression fiber 2 fluctuates, the quenching ratio of modulation output is not degraded.



特開平8-265265

(43) 公開日 平成8年(1996)10月11日

(51)Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所	
H 0 4 B	10/152		H 0 4 B	9/00	L
	10/142				
	10/04				
	10/06				

審査請求 未請求 請求項の数 4 F D (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平7-85952  
 (22) 出願日 平成7年(1995)3月20日

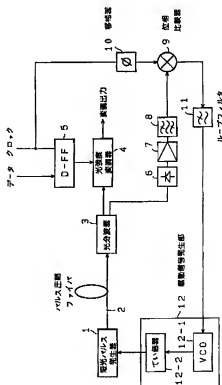
(71) 出願人 000001214  
 国際電信電話株式会社  
 東京都新宿区西新宿2丁目3番2号  
 (72) 発明者 堀内 幸夫  
 東京都新宿区西新宿2丁目3番2号 国際  
 電信電話株式会社内  
 (72) 発明者 鈴木 正敏  
 東京都新宿区西新宿2丁目3番2号 国際  
 電信電話株式会社内  
 (74) 代理人 弁理士 脇 篤夫 (外1名)

(54) 【発明の名称】 短光パルス変調方法およびその装置

(57) 【要約】

【目的】パルス圧縮ファイバの長さ変動しても伝送特性の劣化を防止する。

【構成】短光パルス発生器1、パルス圧縮ファイバ2、光分波器3、受光器6、増幅器7、BPF8、位相比較器9、ループフィルタ11、および駆動信号発生部12よりなるループは、光強度変調器4に供給される短光パルスの位相と、供給される基準クロックに同期されたデータ信号との位相が一致するよう、VCO12-1の発振周波数を制御する。これにより、パルス圧縮ファイバ2の長さ変動しても変調出力の消光比は劣化しないようになる。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 短光パルスを発生する短光パルス発生装置と、  
該短光パルス発生装置から発生された短光パルスのパルス幅を圧縮するパルス圧縮手段と、  
該パルス圧縮手段から出力される短光パルスを分岐する光分波器と、  
該光分波器により分岐された一方の短光パルスを、基準クロックと同期したデータにより強度変調を行う光強度変調器と、  
該光分波器により分岐された他方の短光パルスを受光してその繰返し周波数信号を抽出する受光手段と、  
該受光手段よりの繰返し周波数信号と前記基準クロックとの位相を比較して、両者の位相差に応じた位相誤差信号を出力する位相比較器と、  
該位相比較器より出力される位相誤差信号がゼロとなるように周波数が制御されると共に、その出力が前記短光パルス発生装置に供給される駆動信号発生手段とを備えることを特徴とする短光パルス変調装置。

【請求項 2】 前記基準クロックを移相する移相器を介して前記基準クロックが前記位相比較器に供給されていることを特徴とする請求項 1 記載の短光パルス変調装置。

【請求項 3】 パルス圧縮手段により圧縮された短光パルスを分岐して光強度変調を行う手段と、  
分岐された他方の短光パルスの繰返し周波数信号を抽出し、抽出された周波数信号と前記光強度変調を行うデータに同期した基準クロックとの位相差を検出し、この位相差がゼロになるように前記短光パルスの周波数および位相を制御するようにしたことを特徴とする短光パルス変調装置。

【請求項 4】 前記基準クロックの位相を所定の位相に調整できるようにしたことを特徴とする請求項 3 記載の短光パルス変調装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、伝送特性を良好とすることのできる短光パルス変調方法およびその装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 従来の短光パルス変調装置の構成を示すブロック図を図 4 (a) に示す。この図において、短光パルス発生器 101 は供給された基準クロックに同期する短光パルスを発生してパルス圧縮ファイバ 102 に出力しており、パルス圧縮ファイバ 102 は入力された短光パルスをファイバ 102 の特性に基づいてそのパルス幅を圧縮して光強度変調器 103 に供給している。光強度変調器 103 は基準クロックに同期したデータにより、圧縮された短光パルスに強度変調が施されて、その変調出力を出力している。また、基準クロックはディレ

2

イ・フリップフロップ (以下、D-FF と記す) 104 のクロック入力端子に供給されて、データ端子に供給されているデータ信号を基準クロックにタイミングして光強度変調器 103 に供給している。

【0003】 前記短光パルス発生器 101 の構成の一例を図 4 (b) に示す。この図に示すように短光パルス発生器 101 は、光源 110 と光源 110 に直列に接続された吸収型変調器 111 から構成されている。この場合、光源 110 は連続光を発振出力する、例えば単一波長半導体レーザダイオード (Single-Wavelength Laser) により構成されている。短光パルス発生器には、この他にモードロック法、半導体レーザの利得スイッチ法が知られている。

【0004】 次に、半導体吸収型変調器 (Electroabsorption Modulator : E A Modulator) を説明すると、E A Modulator は図 5 (a) に示すように半導体により構成されており、InGaAsP 層に入力された光が変調されるものである。この変調は最下部に形成された電極と最上部に形成されている電極とに逆バイアス (Reverse Bias) を印加することにより行われるが、逆バイアスに対する消光比 (Extinction Ratio) 特性を同図 (b) に示す。この図に示すように、-6 (V) の逆バイアスを印加することにより、約 -53 (dB) の消光比が得られている。また、縦軸は対数の軸とされているため、リニアに変化する逆バイアス電圧に対し出力振幅は、ほぼ指数関数的に減少する。

【0005】 この指数関数的な消光比特性を有する E A Modulator を積極的に利用すると連続光が短光パルスとなるよう変調することができ。すなわち、図 6 (a) に示すように連続光 (Constant input) が入力される E A Modulator に、十分消光 (出力が出ない状態) するまで直流逆バイアス電圧を印加する。そして、peak-to-peak 電圧が直流逆バイアス電圧の 2 倍程度とする正弦波電圧 (Sinusoidal voltage) をバイアス電圧として直流逆バイアス電圧に加算して印加すると、直流逆バイアス電圧以下の成分によってはすでに消光されているので出力波形にはならぬ奇生しないが、直流逆バイアス電圧から 0 (V) までの逆バイアス電圧に対しては、それに応じた出力が現れるようになる。この出力の波形は、図示するように疑似  $\text{sech}^2$  関数的に上昇あるいは下降する曲線をもつ短光パルスとなる。このように、逆バイアス電圧が 0 (V) 付近とされる部分でのみ出力波形が出現し、これが短光パルスとなる。従って、短光パルスの繰返し周波数は逆バイアス電圧として供給されている正弦波電圧の繰返し周波数に等しくなる。

【0006】 図 6 (b) にその実験例の出力波形を示すが、この場合は図 5 (a) に示す E A 変調器を直流バイアス電圧 -5.8 (V) および振幅 10 (V)  $\text{pp}$  の 5 (GHz) の正弦波電圧で駆動した時に得られる出力波形である。この出力波形は短光パルスとされているが、

3

そのパルス幅は約 30 ピコ秒 (ps) とされて、その繰返し周波数は 5 (GHz) とされている。なお、パルス幅は直流バイアス電圧を変更することにより調整することができる。

【0007】ところで、RZ (Return to Zero) 符号通信の中で大容量・長距離伝送が期待できるソリトン伝送においては、要求されるパルス幅は伝送パルス周期の 1/5 以下であると云われている。ここで伝送パルス周期とは光時分割多重後のパルス周期である。例えば、伝送パルス周波数が 20 (Gb/s) の場合、伝送パルス周期が 50 (ps) となるから、要求されるパルス幅は 10 (ps) 以下となる。

【0008】一方、簡単な構成でパルス発生器を実現できる前記 EA Modulator の場合、発生可能なパルス幅は、クロックを駆動信号とする場合にそのクロック周期の 1/7 とされるのが一般的である。従って、10 (GHz) のクロックで発生可能なパルス幅は約 15 (ps) であり、要求される 10 (ps) とされる上記のパルス幅の規格を満足できないこととなる。さらに、10 (GHz) のクロックで発生させた短光パルスを 16 多重して 160 (GHz) の伝送を行う場合、要求されるパルス幅は 1.25 (ps) 以下となり、さらに要求されるパルス幅が短くなっていく。このため、短光パルスのパルス幅を圧縮する必要がある。

【0009】光パルス幅の圧縮手段として光ソリトン断熱圧縮法が知られており (例えば、鈴木謙一他「超高速サブピコ秒トランスフォーマリミットパルス発生技術」4-141 1994 年電子情報通信学会春季大会)、このパルス圧縮法においてはパルス圧縮ファイバにより、パルス幅を圧縮している。その概要を図 7 に示す。この図に示すように増幅器 (必ず必要なものではない) を介してパルス圧縮ファイバ 102 に入力された短光パルスは、パルス圧縮ファイバ 102 を構成している 2 (km) および 5 (km) の分散減少光ファイバ (Dispersion Decreasing fibers: DDF) に入力される。この DDF を伝搬しながら短光パルスのパルス幅は圧縮されていくようになる。

【0010】これは、光ファイバの成分である石英ガラスに強い光が入射すると、その屈折率が変化し、それにつれて光の伝搬速度も変化する。これが光ファイバの分散による光の伝搬速度の分布を打ち消す方向に働いて、光パルスのパルス幅が短縮されるためである。

【0011】一例を上げると、図 7 (b) に示すように圧縮前の短光パルスのパルス幅および時間帯域幅積がそれぞれ 6.3 (ps), 0.53 とされ、強度が 430 (mW) とされた短光パルスが入力される場合に、パルス圧縮光ファイバ 102 からはパルス幅 0.8 (ps)、時間帯域幅積 0.31 と圧縮された短光パルスが得られる。すなわち、160 (Gb/s) のタイムスロットにおいて、パルスのすそが 20 (dB) 以上落ちる

4

ようになり、10 GHz のクロックで発生させた短光パルス列を 16 多重しても干渉が発生することなく光時分割多重することができるようになる。なお、圧縮後のパルス幅は短光パルスのピーク値により調整されるものである。

【0012】このようにして、パルス幅の圧縮された短光パルスは光強度変調器 103 において、データ信号により強度変調が施される。この光強度変調器 103 としては二オプ酸リチウム (LiNbO<sub>3</sub>:LN) マッハツェンダ型変調器、あるいは前記した EA Modulator が用いられる。ここで、この光強度変調器 103 の帯域幅に応じた変調器出力のアイパターンを図 8 に示す。この図において、(a) は変調信号周波数 f の 2 倍以上の帯域幅 f<sub>m</sub> を有している場合、(b) は変調信号周波数 f に等しい帯域幅 f<sub>m</sub> を有している場合、(c) は変調信号周波数 f の 0.75 倍の帯域幅 f<sub>m</sub> を有している場合である。

【0013】これらの図に示すように、光強度変調器 103 の帯域幅を大きくするに従って、アイパターンは急峻な立ち上がる (立ち下がる) ようになり、狭いパルス幅の短光パルス (周波数が高い) を良好に光強度変調することができる。しかしながら、光強度変調器 103 の帯域幅を広くすることは不経済となる。しかも、光時分割多重の効果は、光強度変調器 103 の広帯域周波数が低くて済む点であり、技術的難度が高い高価な高速変調器を必要とするものではない。そこで、通常は前記図 8 (c) に示すように、変調信号周波数 f の 0.75 倍程度の帯域幅 f<sub>m</sub> を有する光強度変調器 103 が用いられている。

【0014】次に、光強度変調器 103 に入力される短光パルスの波形を図 9 (a) に示し、データ信号により制御される光強度変調器 103 の透過率を同図 (b) に示し、光強度変調器 103 の変調器光出力 (変調出力) を同図 (c) に示す。これらの図に示すように、データ信号が「0」とされる場合は光強度変調器 103 の透過率は 0% とされて、この時に入力される短光パルスは出力されない。また、データ信号が「1」とされる場合は、光強度変調器 103 の透過率が 100% とされて、この時に入力される短光パルスはそのま出力されるようになる。なお、図 9 に示す場合は、変調信号であるデータ信号と光強度変調器 103 に入力される短光パルスとが同期している。この場合の消光比 ER は図示するように最大となる。

【0015】

【本発明が解決しようとする課題】ところで、光ファイバは温度の変化によってその長さが変化することが知られている。その一例を示すと、図 10 (a) に示すように石英ガラスからなる光ファイバを保護するために、一時被覆 (クッション層) がシリコン、二時被覆 (ジャケット層) がナイロンからなる一般的な光ファイバにおける伸び率は、光ファイバを実験した特性が示されている

同図 (b) における図表に一例が示されている。例えば、ファイバの径が 0.15 (mm)、クッション層の径が 0.50 (mm)、ジャケット層の径が 0.9 (mm) とされた場合、伸び率は  $30.3 \times 10^{-6}$  ( $^{\circ}\text{C}^{-1}$ ) とされている。

【0016】ところで、前記したパルス圧縮ファイバ 102 は図 7 (a) に示すように合計 7 (km) の長さになるため、温度が  $10^{\circ}\text{C}$  変化すると、約 2.12

(m) の長さだけ光圧縮ファイバ 102 長が変化するようになる。すると、光圧縮ファイバ 102 における短光パルスの伝搬時間が変化して光強度変調器 103 に入力されるようになる。すると、次に説明するように光強度変調器 103 での変調のタイミングが短光パルス列と合わなくなり、変調出力が変化するようになる。

【0017】まず、温度が下がって光圧縮ファイバ 102 が縮んだ場合を図 11 に示す。この場合は、光圧縮ファイバ 102 が縮んだ分だけ伝搬遅延時間が短くなるため、同図 (a) に示すように短光パルスがその分早く光強度変調器 103 に到達するようになる。すなわち、データ信号より位相が進んだ短光パルスとなり、同図

(b) に示す光強度変調器 103 の透過率に対して位相が進むようになる。すると、光強度変調器 103 においては透過率が 0% とされる前に短光パルスが入力されるようになるために、同図 (c) に示すようにデータ信号が「0」の場合であっても若干短光パルスが出力される。さらに、透過率が 100% とされる前に短光パルスが入力されるようになるために、同図 (c) に示すようにデータ信号が「1」の場合であっても若干短光パルスは減衰されて出力されるようになる。この場合の消光比 ER は図示するように小さくなり、受信側において符号識別度が低下してしまっていた。

【0018】次に、温度が上がって光圧縮ファイバ 102 が伸びた場合を図 12 に示す。この場合は、光圧縮ファイバ 102 が伸びた分だけ伝搬遅延時間が長くなるため、同図 (a) に示すように短光パルスが遅く光強度変調器 103 に到達するようになる。すなわち、データ信号より位相が遅れた短光パルスとなり、同図 (b) に示す光強度変調器 103 の透過率に対して位相が遅れるようになる。

【0019】すると、光強度変調器 103 においては、同図 (c) に示すようにデータ信号が「0」の場合透過率が 0% から 100% に向かう途中において短光パルスが入力されるために、減衰しきれない短光パルスが出力される。さらに、同図 (c) に示すようにデータ信号が「1」の場合は、透過率が 100% から 0% に向かう途中において短光パルスが入力されるために、短光パルスは減衰されて出力されるようになる。特に、この例に示すような極端な場合においては、データ信号が「0」の場合と「1」の場合とにおいて変調された変調出力の振幅がほぼ同じとなり、符号を識別することができなくな

ってしまっていた。

【0020】このように、従来の短光パルス変調装置においては環境温度が変化すると消光比の劣化や、符号のタイミングずれを生じ、伝送特性が劣化するという問題点があった。そこで、本発明においては温度が変化しても伝送特性を良好に保つことのできる短光パルス変調方法およびその装置を提供することを目的としている。

【0021】

【課題を解決するための手段】前記目的を達成するために、本発明の短光パルス変調方法は、パルス圧縮手段により圧縮された短光パルスを分岐して光強度変調を行う手段と、分岐された他方の短光パルスの繰返し周波数信号を抽出し、抽出された周波数信号と前記光強度変調を行うデータに同期した基準クロックとの位相差を検出し、この位相差がゼロになるように前記短光パルスの周波数および位相を制御するようにしたものである。また、前記短光パルス変調方法において、前記基準クロックの位相を所定の位相に調整できるようにしたものである。

【0022】また、本発明の短光パルス変調装置は、短光パルスを発生する短光パルス発生装置と、該短光パルス発生装置から発生された短光パルスのパルス幅を圧縮するパルス圧縮手段と、該パルス圧縮手段から出力される短光パルスを分岐する分光器と、該分光器により分岐された一方の短光パルスを、基準クロックと同期したデータにより強度変調を行う光強度変調器と、該分光器により分岐された他方の短光パルスを受光してその繰返し周波数信号を抽出する受光手段と、該受光手段よりの繰返し周波数信号と前記基準クロックとの位相を比較して、両者の位相差に応じた位相誤差信号を出力する位相比較器と、該位相比較器より出力される位相誤差信号がゼロとなるように周波数が制御されたと共に、その出力が前記短光パルス発生装置に供給される駆動信号発生手段とを備えるようにしたものである。さらに、前記短光パルス発生装置において、前記基準クロックを移相する移相器を介して前記基準クロックが前記位相比較器に供給されているようにしたものである。

【0023】

【作用】本発明によれば、分岐されたパルス圧縮手段から出力される短光パルスと、データに同期している基準クロックとの位相差がゼロになるように制御しているため、温度と共にパルス圧縮手段の特性が変化してもデータと光強度変調器に入力される短光パルスとの位相は常に一致するように制御されることになる。従って、温度が変化しても消光比は劣化せず、さらにタイミングがずれないように伝送特性を良好に維持することができるようになる。

【0024】

【実施例】本発明の短光パルス変調方法を具現化した、本発明にかかる短光パルス変調装置の一実施例の構成を

示すブロック図を図 1 に示す。この図において、短光パルス発生器 1 は駆動信号発生部 12 より供給されている駆動信号に同期する短光パルスを発生してパルス圧縮ファイバ 2 に出力しており、パルス圧縮ファイバ 2 は入力された短光パルスをファイバ 2 の特性に基づいてそのパルス幅を圧縮して光分波器 3 に供給している。光分波器 3 は入力された短光パルスを 2 つに分岐して一方を光強度変調器 4 に供給し、他方を受光器 6 に供給している。光強度変調器 4 は基準クロックに同期したデータ信号により、圧縮された短光パルスに強度変調を施して、その変調出力を出力している。また、基準クロックはディレイ・フリップフロップ (D-F F) 5 のクロック入力端子に供給されて、データ端子に供給されてはデータ信号を基準クロックにリタイミングして光強度変調器 4 に供給している。

【0025】受光器 6 により短光パルスは電気信号に信号に変換されて、増幅器 7 に供給され増幅器 7 で増幅される。増幅器 7 により増幅された電気信号に変換されている短光パルスは、バンドパスフィルタ (B P F) 8 に供給されて、その繰返し周波数成分が抽出される。この短光パルスの繰返し周波数成分の周波数信号は、位相比較器 9 の一方の入力端子に入力される。基準クロックは分岐されて移相器 10 に供給され、所定の位相量だけ移相されて位相比較器 9 の他方の入力端子に入力される。位相比較器 9 は入力された 2 つの信号間の位相差に応じた位相差信号を出力してループフィルタ 11 に供給する。ループフィルタ 11 は位相差信号の低域成分だけを抽出して、出力される誤差電圧を駆動信号発生部 12 に供給する。

【0026】駆動信号発生部 12 は電圧制御発振器 (VCO) 12-1 と、てい倍器 12-2 とから構成され、供給された誤差信号により VCO 12-1 の発振周波数が制御されている。VCO 12-1 より出力される発振信号は、てい倍器 12-2 により周波数が整数倍に倍されて短光パルス発生器 1 に駆動信号として供給される。このような短光パルス変調装置において、前記短光パルス発生器 1 は、前記図 4 (b) に示すように、光源 110 と光源 110 に直列に接続された吸収型変調器 111 から構成されている。すなわち、連続光を発振出力する、例えば単一波長半導体レーザ (Single-Wavelength laser) により構成された光源 110 と、前記図 5 に示すような E A Modulator、あるいはモードロック型、ゲインスイッチング型の変調器により構成された吸収型変調器 111 から構成されている。

【0027】また、パルス圧縮ファイバ 2 は前記図 7 に示すように分散減少光ファイバ (D D F) により構成されているが、D D F と分散シフト光ファイバ (Dispersion Shifted Fibre: D S F) とを組み合わせて構成するようにしてもよい。さらに、光強度変調器 4 には L N マツハツェンダ型変調器、あるいは前記した E A Modulat

or が用いられる。なお、D-F F 5 はデータ信号の波形を整形して、基準クロックに同期させるものであり、データ信号と基準クロックの位相間にジッタがある場合、あるいはデータ信号の波形が歪んでいる場合を除いて省略することができる。また、移相器 10 は短光パルス列と変調のタイミングを取るものであり、図示する位置に替えて B P F 8 と位相比較器 9 との間に配置するようにしてもよい。また、駆動信号発生部 12 におけるてい倍器 12-2 は、より高い周波数信号を得るためのものであり、VCO 12-1 が必要とする周波数を直接発振することができる場合には省略することができるものである。

【0028】次に、図 1 に示す短光パルス変調装置の動作を説明する。短光パルス発生器 1 は、前記図 6 において前述したように駆動信号発生部 12 から供給される駆動信号の繰返し周波数と同じ繰返し周波数を有する短光パルスを発生して、パルス圧縮ファイバ 2 に出力している。そして、パルス圧縮ファイバ 2 により圧縮された短光パルスは光分波器 3 により 2 分岐されて、一方は光強度変調器 4 においてデータ信号により強度変調が施されて、その変調出力が出力される。この変調出力は、例えば移相されている他の変調出力と光合流されることにより、光時分割多重化されて、伝送されるようになる。

【0029】前記光分波器 3 により分岐された他方の短光パルスは、受光器 6 により電気信号に変換され、増幅器 7 を介して B P F 8 に供給されることにより、短光パルスの繰返し周波数成分が抽出される。これにより、B P F 8 からは、パルス圧縮ファイバ 2 より主に移相された、前記駆動信号発生部 12 から出力される駆動信号の繰返し周波数成分が出力されることになる。この繰返し周波数成分は位相比較器 9 において、基準クロックと位相比較されて、両者の位相差に応じた位相差信号が出力される。そして、この位相差信号はループフィルタ (ローパスフィルタ) 11 により低域成分だけが抽出されて、位相誤差信号として駆動信号発生部の VCO 12-1 に供給される。

【0030】これにより、VCO 12-1 は位相比較器 9 において検出される位相差がゼロになるように発振周波数が制御されるようになる。すなわち、光強度変調器 4 に供給される短光パルスの位相と D-F F 5 から出力されるデータ信号の位相とが一致するようにするため、前記図 9 に示すような同期状態で強度変調が行われて、消光比 E R が最大とされた変調出力が得られるようになる。

【0031】ここで、温度等が変化してパルス圧縮ファイバ 2 の長さが縮んだり、あるいは伸びたりすると、位相比較器 9 に入力される B P F 8 より周波数信号の位相がそれに応じて変化するところとなり、位相比較器 9 はパルス圧縮ファイバ 2 の長さの変化を検出することができる。そして、位相比較器 9 より出力される位相差信号

に応じて VCO12-1 の発振周波数が制御されることになり、パルス圧縮ファイバ 2 の長さが変化しても、光強度変調器 4 に供給される短光パルスの位相と、D-F 5 から供給されるデータ信号の位相とを常に一致させることができるようになる。

【0032】このように、本発明の短光パルス変調装置によれば、パルス圧縮ファイバ 2 の長さの変動の影響を極力受けなくすることができるため、パルス圧縮ファイバ 2 の長さが変動しても前記図 11 あるいは前記図 12 に示すような状態に陥ることが防止することができる、良好な伝送特性を維持することができるようになる。なお、位相器 10 は初期調整時に光強度変調器 4 から出力される変調出力が図 9 (c) に示すように同期状態となるように基準クロックの位相を調整するものである。

【0033】ところで、光分波器 3 から光強度変調器 4 に至る光ファイバは、前記した制御ループ外にあるため、その長さが変動した場合位相比較器 9 はその変動を検出することができない。この時、光分波器 3 から光強度変調器 4 に至る光ファイバ長が変動すると、光強度変調器 4 に供給される短光パルスの位相と、供給されるデータ信号との位相とがずれるようになるため、前記図 11 あるいは図 12 に示すような現象が生じ、伝送特性に悪影響が生じる。これを防止するには、同一構造、かつ同一長さの光ファイバを 2 本用意して、その 1 本で光分波器 2 と光強度変調器 4 とを接続し、残る 1 本で光分波器 3 と受光器 6 とを接続するようにすればよい。

【0034】あるいは、光分波器 2 と光強度変調器 4 との間の長さ、および光分波器 3 と受光器 6 との間の長さを極力短くする、もしくは無くすようにすればよい。そこで、これを実現した構成例を図 2 および図 3 に示す。図 2 においては、光分波器 3 と受光器 6 とを一体化モジュール 20 に収納するようにしたものである。すなわち、パルス圧縮ファイバ 2 より供給される短光パルスは一体化モジュール 20 に供給されて、コリメータ 21 から平行光線束とされてモジュール 20 に内蔵された光分波器 3 に入力される。そして、光分波器 3 において 2 つに分岐された短光パルスの平行光線束の一方は、極力短くされた光ファイバ 22 に導かれて光強度変調器 4 へ供給され、他方の平行光線束はモジュール 20 に内蔵されている受光器 6 により受光されるようになる。

【0035】また、図 3 においては光分波器 3、受光器 6、および光強度変調器 4 とを一体化モジュール 30 に収納するようにしたものである。すなわち、パルス圧縮ファイバ 2 より供給される短光パルスは一体化モジュール 30 に供給されて、コリメータから平行光線束とされてモジュール 30 に内蔵された光分波器 3 に入力される。そして、光分波器 3 において 2 つに分岐された短光パルスの平行光線束の一方はモジュール 30 に内蔵された光強度変調器 4 へ供給され、他方の平行光線束はモジ

ュール 30 に内蔵されている受光器 6 により受光されるようになる。

【0036】前記図 2 に示す一体化モジュール 20 の場合は、光分波器 3 と受光器 6 との間の光ファイバを無くすことができ、前記図 3 に示す一体化モジュール 30 の場合は、光分波器 3 と受光器 6 との間の光ファイバ、および光分波器 3 と光強度変調器 4 との間の光ファイバを無くすることができるため、光ファイバ長の変動による悪影響を解消することができる。また、同一のシリコン基板上にこれらを一体化して集積する手段を用いてもよい。なお、図 2 あるいは図 3 に示すモジュールにおいては、集光レンズ等は省略して示している。

#### 【0037】

【発明の効果】本発明は以上のように構成されているので、パルス圧縮手段の長さが変動しても、分岐されたパルス圧縮手段から出力される短光パルスと、データに同期している基準クロックとの位相差がゼロとなるように制御されるので、データと光強度変調器に入力される短光パルスとの位相は常に一致するように制御されることになる。従って、温度が変化しても消光比が劣化することがないと共に、タイミングにずれを生じることがなく伝送特性を良好に維持することができるようになる。従って、20 (Gb/s) を越える超高速伝送を容易に実現可能とすることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の短光パルス変調装置の一実施例の構成を示すブロック図である。

【図 2】光分波器と受光器とを一体化するようにしたモジュールの構成を示す図である。

【図 3】光分波器と受光器と光強度変調器とを一体化するようにしたモジュールの構成を示す図である。

【図 4】従来の短光パルス変調装置の構成を示すブロック図である。

【図 5】EA Modulator の構成および逆バイアス電圧に対する消光比特性を示す図である。

【図 6】EA Modulator による短光パルスの発生を説明するための説明図、および発生された短光パルスの波形を示す図である。

【図 7】パルス圧縮ファイバの構成、およびパルス幅が圧縮される様子を説明する波形図である。

【図 8】変調器の帯域幅が変調信号の周波数に対して変化した時のアイパターンを示す図である。

【図 9】光強度変調器に供給される短光パルスと、変調信号であるデータ信号とが同期している場合におけるタイミング図である。

【図 10】光ファイバの構成を示す図、およびその特性を示す図表である。

【図 11】光強度変調器に供給される短光パルスの位相が進んで、変調信号であるデータ信号と同期していない場合におけるタイミング図である。

【図 12】 光強度変調器に供給される短光パルスの位相が遅れて、変調信号であるデータ信号と同期していない場合におけるタイミング図である。

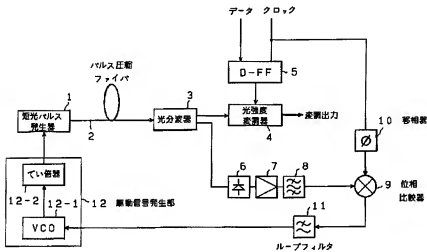
【符号の説明】

- 1 短光パルス発生器
- 2 パルス圧縮ファイバ
- 3 光分波器
- 4 光強度変調器
- 5 D-FF
- 6 受光器
- 7 増幅器

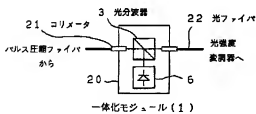
- \* 8 BPF
- 9 位相比較器
- 10 移相器
- 11 ループフィルタ
- 12 駆動信号発生部
- 12-1 VCO
- 12-2 てい倍器
- 20, 30 一体化モジュール
- 21 コリメータ
- 22 光ファイバ

\*

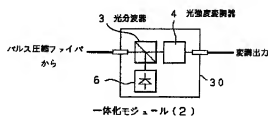
【図 1】



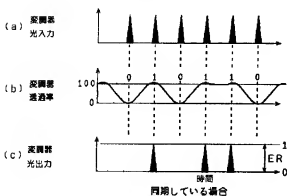
【図 2】



【図 3】

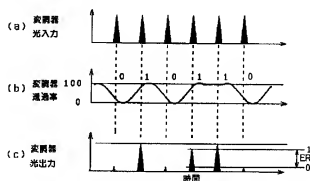


【図 9】



同期している場合

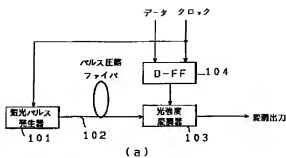
【図 11】



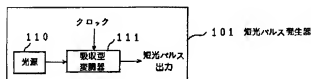
同期していない場合（光ファイバが縮んだ場合）



【図4】

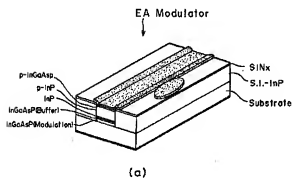


(a)



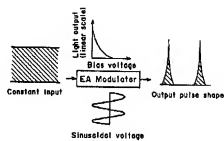
(b)

【図5】

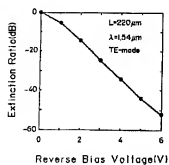


(a)

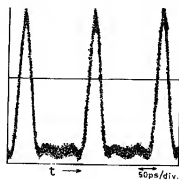
【図6】



(a)

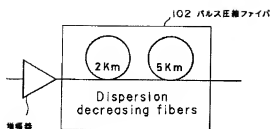


(b)

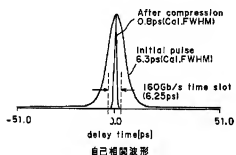


(b)

【図7】

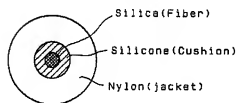


(a)



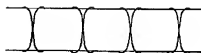
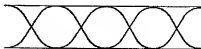
(b)

【図10】

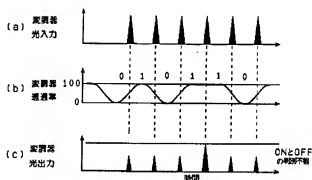


(a)

【図8】

(a)  $fm > 2f$ (b)  $fm = f$ (c)  $fm = 0.75f$ 

【図12】



同期していない場合（光ファイバが押けた場合）

Table1. Structural Parameters of the Test Fibers

Fiber	Diameter(mm)			Length (km)	Coefficient of linear expansion ( $\times 10^{-6}/\text{degree}$ )
	silica (fiber)	silicone (cushion)	Nylon (jacket)		
1	0.15	0.35	-	1.57	0.5
2	0.125	0.30	0.7	0.59	18.4
3	0.15	0.30	0.9	1.55	21.9
4	0.15	0.45	-	0.71	0.5
5	0.15	0.50	0.8	0.72	23.3
6	0.15	0.50	0.9	0.75	30.3

(b)